



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**

**CARRERA INGENIERIA FORESTAL**

**INFORME DE TRABAJO FINAL**

**ALUMNA: DANIELA GARCÍA**

**DIRECTOR: M. SC. ING. FORESTAL GABRIEL DARÍO KEIL**

Profesor Titular Ordinario

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

**“Alternativas de uso para la madera de olmo europeo (*Ulmus minor* Mill.)  
recomendadas a partir de estudios xilotecnológicos”**

**LUGAR Y FECHA DE PRESENTACIÓN**

La Plata, 31 de mayo de 2016

## INDICE DE CONTENIDOS

Resumen	5
Lista de tablas	7
Lista de figuras	8
Lista de abreviaturas y siglas	9
<b>1- Título</b>	<b>11</b>
<b>2- Introducción</b>	<b>11</b>
<b>3- Objetivos</b>	<b>17</b>
3.1- Objetivo general	17
3.2- Objetivos particulares	17
<b>4- Materiales y métodos</b>	<b>18</b>
4.1- Material leñoso	18
4.2- Propiedades Físicas	20
4.2.1- Contenido de humedad	20
4.2.2- Densidades aparentes	22
4.2.2.1- Densidad aparente normal	23
4.2.2.2- Densidad aparente anhidra	24

4.2.3- Cambios dimensionales	24
4.2.3.1- Contracción normal máxima	26
4.2.3.2- Coeficiente de contracción	27
4.2.3.3- Punto de saturación de las fibras	28
4.2.3.4- Coeficiente de anisotropía	29
4.3- Propiedades Mecánicas	30
4.3.1- Dureza janka	30
4.3.2- Flexión estática	31
4.3.3- Corte paralelo a la dirección de las fibras	34
4.3.4- Compresión perpendicular a las fibras	35
4.3.5- Compresión paralela a las fibras	36
4.4- Durabilidad natural	38
4.5- Análisis estadístico	39
<b>5- Resultados</b>	<b>40</b>
5.1- Propiedades Físicas	40
5.1.1- Contenido de humedad y Densidades aparentes	40
5.1.2- Cambios dimensionales	41

5.2- Propiedades Mecánicas	43
5.2.1- Ensayo de Dureza Janka	43
5.2.2- Ensayo de Flexión estática y Compresión paralela a las fibras	44
5.2.3- Ensayo de corte paralelo a las fibras y Compresión perpendicular a las fibras	45
5.3- Durabilidad natural	46
<b>6- Discusión</b>	<b>46</b>
6.1- Propiedades físicas	47
6.2- Propiedades mecánicas	49
6.3- Durabilidad natural	51
<b>7- Conclusiones</b>	<b>53</b>
<b>8- Bibliografía</b>	<b>54</b>

## RESUMEN

La actividad forestal en la Argentina presenta un gran potencial para su expansión, dadas las características de sus bosques y las grandes superficies de tierra aptas para la forestación. El alto consumo de maderas hace que la provincia de Buenos Aires importe de otras provincias un gran volumen de madera de especies nativas e implantadas. Las industrias se abastecen en un 85% de los bosques cultivados, y un 15 % de nativos, estos últimos principalmente para productos aserrados y laminados. La madera de **olmo europeo** (*Ulmus minor* Mill.) en la provincia se distribuye en rodales de pocas hectáreas, mono o multiespecíficos, factibles de ser procesados con tecnología sencilla de aserrado, como el aserrío portátil, dadas las características de dureza de su madera. A raíz de la escasa presencia de plantaciones de olmo en el país los datos sobre esta madera son dispersos, poco confiables u obtenidos a partir de esta especie cultivada en sitios con otras características edafoclimáticas. El objetivo de este trabajo fue identificar alternativas de uso de la madera de olmo europeo para la provincia de Buenos Aires a partir de su caracterización xilotecnológica. Se determinaron las propiedades físicas, mecánicas y durabilidad natural según normas IRAM. Los parámetros xilotecnológicos obtenidos (densidad, cambios dimensionales, dureza, flexión estática, corte comprensión paralela y durabilidad) fueron contrastados con los de maderas de especies nativas y cultivadas de alto valor en el mercado local, como fresno, roble, acacias, eucaliptos, cebiles, lapacho, guatambú, incienso y petiribí. Analizando en conjunto las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad natural, comparadas con dichas maderas; la madera de olmo europeo presenta aptitudes tecnológicas que permitirían su empleo en la fabricación de pisos interiores y exteriores, aberturas, muebles de interior y de jardín, entre otros.

PALABRAS CLAVE: madera de calidad, propiedades físicas, propiedades mecánicas, durabilidad, usos sólidos, alto valor

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ensayos, Normas, cantidad y dimensiones de las probetas	20
Tabla 2. Valores de coeficiente de anisotropía	30
Tabla 3. Clases de Resistencia a la degradación fúngica (Findlay, ASTM D-2017-78)	39
Tabla 4. Valores de contenido de humedad y densidades aparentes normal y anhidra	40
Tabla 5. Valores de contracción de la madera	41
Tabla 6. Valores del Coeficiente de contracción y punto de saturación de las fibras	42
Tabla 7. Valores de Dureza Janka	43
Tabla 8. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis	44
Tabla 9. Parámetros de flexión estática y compresión paralela a las fibras	45
Tabla 10. Valores de tensión de rotura en corte y compresión perpendicular a las fibras	45
Tabla 11. Pérdida de peso en el ensayo de durabilidad natural	46
Tabla 12. Propiedades físicas de olmo y especies nativas (n) e implantadas (i)	47
Tabla 13. Propiedades mecánicas de olmo y especies nativas (n) e implantadas (i)	50
Tabla 14. Durabilidad natural de las principales especies nativas (n) e implantadas (i) de uso en mueblería y pisos de madera comparadas con olmo	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planos de corte	25
Figura 2. Probetas de cambios dimensionales	26
Figura 3. Probeta de dureza Janka	31
Figura 4. Probeta de flexión estática	32
Figura 5. Probeta de corte paralelo a las fibras	34
Figura 6. Probeta de compresión perpendicular a las fibras	35
Figura 7. Probeta de compresión paralela a las fibras	36
Figura 8. Evolución de la contracción normal máxima en sentido tangencial, radial y axial con respecto al contenido de humedad	42



## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

CH: Contenido de humedad

Cn: Contracción normal

$C_{nrdm\acute{a}x}$ : Contracción normal máxima radial

$C_{ntgm\acute{a}x}$ : Contracción normal máxima tangencial

Da: Densidad aparente

Dn: Densidad aparente normal

Do: Densidad aparente anhidra

HEH: Humedad de equilibrio higroscópico

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

MA: Ministerio de Agroindustria

MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

MOE: Módulo de elasticidad

MOR: Módulo de rotura

Pp: Pérdida de peso

PSF: Punto de saturación de las fibras

T/R: Relación contracción tangencial-radial o Coeficiente de anisotropía

TLP: Tensión en el límite de proporcionalidad

TR: Tensión de rotura

$\nu$ : Coeficiente de contracción

$\nu_{rd}$ : Coeficiente de contracción radial

$\nu_{tg}$ : Coeficiente de contracción tangencial

## **1- TÍTULO**

**Alternativas de uso para la madera de olmo europeo (*Ulmus minor* Mill.) recomendadas a partir de estudios xilotecnológicos.**

## **2- INTRODUCCIÓN**

La actividad forestal en la Argentina, si bien tiene una participación pequeña en la economía nacional, posee un gran potencial para su expansión. El país posee una serie de ventajas para la expansión de la forestación como las características agroecológicas del territorio que permiten el desarrollo de una gran variedad de especies; las especies más comúnmente utilizadas para forestar son de rápido crecimiento; la gran extensión de tierras aptas para forestar; y la existencia de oportunidades para exportar productos con algún tipo de procesamiento como papel, muebles o tableros.

Existen alrededor de 1.128.411 hectáreas de bosques implantados, de las cuales el 85% se concentra en la región mesopotámica y la provincia de Buenos Aires (MAGyP, 2015). Asimismo, la implantación de árboles para la producción de madera y otros subproductos está adquiriendo cada vez mayor importancia.

Varios organismos públicos, tales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y las Universidades, realizan acciones para generar información de base y capacidades para el sector forestal a través de investigaciones, capacitación técnica, asesoramiento a los productores, entre otras; y otros como la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agroindustria que, a través de apoyos económicos y beneficios impositivos, impulsa el desarrollo de la forestación a nivel nacional.

Las especies más explotadas son pino, eucalipto, álamo y sauce. De acuerdo a estadísticas de la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de

Agroindustria (MA) (ex Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - MAGyP), para el año 2012, la extracción de rollizos de bosques implantados se acercó a los 14 millones de metros cúbicos. El 50% de los mismos se destinó a la elaboración de pasta celulósica, el 30% a la industria de la madera aserrada y el resto se repartió entre la producción de tableros y de faqueado-debobinado para la producción de chapas de madera.

Para el año 2007, la producción de muebles de madera de Argentina explicó el 1,2% del Valor Bruto de la Producción industrial y el 92% de la producción local tuvo por destino el mercado interno, (www.cep.gov.ar, 2008).

Por su parte, la provincia de Buenos Aires es el consumidor más importante de maderas, lo cual explica que de las alrededor de 2.640 empresas que se desempeñan en el sector, el 38% de las firmas se localice en esta provincia, seguida por Santa Fe (16%), Córdoba (12%), Ciudad de Buenos Aires (9%), Misiones (5%), Mendoza (4,5%), (www.cep.gov.ar, 2008), sin embargo el alto consumo de maderas hace que tenga que importar de otras provincias un gran volumen de madera de especies nativas e implantadas.

Las industrias, en general, se abastecen en un 85% de los bosques cultivados, y un 15 % de nativos, estos últimos principalmente destinados para productos aserrados y laminados. Se estima que en el futuro los bosques nativos no podrán abastecer a las industrias y los proyectos deberán basarse necesariamente en bosques implantados (Sánchez Acosta & Vera, 2005).

Entre las especies más comúnmente ofrecidas en el mercado de pisos de Argentina se encuentran, en lo referente a nativas: cebil (*Anadenanthera* sp), mora (*Morus* sp), lapacho (*Handroanthus heptaphyllus*), incienso rojo (*Myrocarpus frondosus*), guayacán (*Caesalpinia paraguarienses*), viraró (*Pterogine nitens*), guatambú (*Balfourodendron riedelianum*) y en menor medida grapia (*Apulera leiocarpa*), anchico

(*Parapiptadenia* sp), curupay (*Anadenanthera colubrina*), entre otros. En cuanto a especies cultivadas pueden encontrarse pisos de madera de roble americano (*Quercus* sp) importado (tablas secas) desde Estados Unidos y *Eucalyptus globulus*, *E. viminalis*, *E. camandulensis* y *E. tereticornis* (Galván, 2007).

El mercado nacional de pisos de madera representó en el año 2007 aproximadamente unos US\$ 12 millones a precios de fábrica, con un volumen estimado en 1.650.000 m<sup>2</sup> (aprox. 20.000 m<sup>3</sup>). Los pisos sólidos *unfinished* constituyen la mayor parte del mercado, 63% del monto y 60% del volumen. La mayor parte de los mismos corresponden a pisos importados desde Paraguay, de especies como viraró (*Pterogyne nitens*), lapacho (*Handroanthus* sp) y guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), y en menor medida grapia (*Apulera leiocarpe*), anchico (*Parapiptadenia* sp), curupay (*Anadenanthera colubrina*), entre otros (Galván, 2007).

En términos generales, se comercializan principalmente 3 tipos de pisos: Lamparquet, principalmente 12,7 mm x 76,2 mm, en largos de 200 a 400 mm; Parquet, 80% del mercado es 19,05 x 76,2 mm en largos de 200 a 400 mm; Entablonados, 75% del mercado es 25,4 mm x 101,6 mm en largos de 400 a 1200 mm (Galván, 2007).

El comercio exterior de muebles de madera es altamente deficitario, según estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos para 2010, se exportó por 14.898.220 US\$, mientras que las importaciones fueron de 40.868.443 US\$, representado un déficit en la balanza comercial de 25.970.224 US\$. Lo que implica un interesante mercado interno por satisfacer y un mercado exterior potencial hacia países como China, Estados Unidos y Brasil (Ladrón Gonzáles & Maslatón, 2012).

Dentro de las especies plantadas en la provincia de Buenos Aires, el olmo europeo (*Ulmus minor* Mill.) es una de ellas. Si bien se encuentra distribuido en rodales de pocas hectáreas, mono o multiespecíficos, no cuantificados por inexistencia de un inventario

forestal provincial y tampoco existe un recurso concentrado de esta especie, estas formaciones son factibles de ser procesadas con tecnología sencilla de aserrado como el aserrío portátil. Es por esto que se pretende, a partir del estudio de las características xilotecnológicas de su madera, recomendar posibles usos que brinden una alternativa para satisfacer las demandas del mercado.

El olmo europeo (*Ulmus minor* Mill.), también llamado olmo común, negrillo o álamo negro, pertenece a la familia Ulmaceae, orden Urticales. Es una especie de distribución ampliamente europea, a excepción de los países escandinavos y bálticos, extendiéndose de forma natural por el centro y sur de Europa, además de por el norte de África, Asia Menor, Cáucaso y norte de Persia. En siglos recientes ha sido introducido en Norteamérica. Sin embargo, es difícil determinar su área primitiva, debido a que ha sido ampliamente manejada por el hombre desde tiempos pretéritos, en particular a partir de la expansión del viñedo en los primeros siglos de nuestra era (Ruiz de la Torre, 2006). Esta especie es altamente valorada en el Reino Unido y la Península Ibérica por su resistencia a las bajas temperaturas, por su valor tanto ornamental como de monte de reparo y por poseer madera dura (Richens, 1983). Su sitio característico lo constituyen las llanuras aluviales o terrenos de vega con suelos profundos, preferiblemente de granulometría fina y rica en carbonatos, aunque se puede desarrollar también en sustratos arenosos (García Nieto et al., 2003). Su copa frondosa, junto a la capacidad de desarrollarse en suelos poco aireados y la excelente propagación vegetativa, ha posibilitado su frecuente utilización como árbol ornamental. Su madera ha sido empleada en carretes, construcciones navales y como tutores para vides (Gil et al., 2004).

Es una especie caducifolia que puede llegar hasta los 40 m de altura con 1-1.5 m de diámetro normal. El tronco es grueso, lleno, recto, elevado y cilíndrico, de sección prácticamente circular, en los árboles no modificados por la poda o tala. Las trozas

presentan buena conformación general. Son derechas y bastante cilíndricas. La sección transversal es regular y circular, con el corazón bien centrado. Pueden presentar defectos por la presencia de nudos. De las cicatrices de poda en el fuste, el olmo emite abundantes ramillas medianamente persistentes que constituyen la lupia, de gran valor ornamental y muy apreciada en ebanistería (Vignote Peña, 2014). La corteza es rugosa o agrietada y de color pardo grisácea a pardo oscura. Posee una copa amplia y redondeada, follaje denso y ramas finas (Richens & Jeffers, 1986).

En cuanto a las características macroscópicas de la madera, la albura se diferencia bien por su color blanco amarillento frente al color pardo claro o pardo-rojizo del duramen. Los anillos de crecimiento están bien marcados. La fibra suele tener trayectoria ondulada. La porosidad es circular y la disposición de los vasos es ulmoide. En el corte radial, los radios presentan un diseño jaspeado. En el corte tangencial se observa un diseño floreado. El parénquima es muy visible, apreciándose en la sección transversal como bandas blancas onduladas, sobre fondo oscuro, paralelas a los anillos de crecimiento, mientras que en las caras longitudinales aparece como líneas de varios milímetros de longitud con un tono más claro que la masa principal de la madera. El tipo de parénquima, los radios y la disposición de vasos le da a esta madera un brillo especial. El grano es medio a grueso y la textura es heterogénea.

Con respecto a las características microscópicas de la madera, según F. Nájera y V. López (1969); A. Caperos y J.L. Serfaty, (1969), los vasos se presentan en anillos porosos claramente definidos. Los de primavera son de gran diámetro y están dispuestos en bandas concéntricas de uno a dos elementos de espesor. Los de verano son de menor diámetro y se presentan en grupos aislados aunque la unión de estos grupos forma bandas discontinuas en sentido tangencial. Poseen punteaduras con reborde en círculos

regulares y perforaciones en placas simples. El diámetro máximo es de 270 a 280  $\mu$  y el grosor medio de las paredes de 8 10  $\mu$ .

Los radios leñosos presentan una trayectoria rectilínea hasta alcanzar la altura de los vasos de primavera, donde se curvan para bordearlos. Son homogéneos y mayoritariamente multiseriados. Su diámetro máximo va de 500 a 600  $\mu$  y el grosor medio de sus paredes es de 70 a 90  $\mu$ .

Las fibras son de forma muy irregular. Su longitud máxima, media y mínima es de 1,60, 1,30 y 0,50 mm, respectivamente. Mientras que su anchura máxima, media y mínima es de 28, 19,5 y 12 mm, respectivamente. La relación longitud/anchura (esbeltez) es 66,3 y la proporción de pared es 34,3 %.

El parénquima es paratraqueal y metatraqueal difuso. El paratraqueal se asocia a las traqueidas vasculares, que presentan engrosamientos espiralados.

Con respecto al contenido celular, pueden encontrarse sustancias protoplasmáticas solidificadas de color rojizo, abundantes en los radios leñosos.

La densidad de la madera puede alcanzar valores extremos desde 0,44 a 0,82 g/cm<sup>3</sup> (Richter & Dallwitz, 2000).

Las propiedades físicas de la madera son aquellas que determinan su comportamiento ante los factores que intervienen en el medio ambiente natural sin que éste actúe química ni mecánicamente en su estructura interna (Coronel, 1994). La densidad constituye una de las propiedades físicas más importantes de la madera, ya que de ella dependen la mayoría de sus características físicas y mecánicas (Andía & Keil, 2004). También está estrechamente vinculada con los caracteres anatómicos y, en algunos casos a la durabilidad natural del material.



Las variaciones de volúmenes, son consideradas propiedades físicas importantes debido a que pueden limitar el uso de algunas maderas, aplicaciones tales como pisos, abertura y muebles (Coronel, 1994).

Las propiedades mecánicas son aquellas que definen la aptitud y capacidad para resistir cargas externas. Los valores de resistencia estática tienen una gran importancia en las aplicaciones de la madera en la construcción, especialmente en el dimensionado de las diferentes piezas según su resistencia y deformación (Coronel, 1995).

Un conocimiento más profundo de las características xilotecnológicas de esta madera permitirá la recomendación de usos específicos, ligados fundamentalmente a la construcción y mueblería, lo que podría redundar en el incentivo a la implantación de esta especie forestal con individuos mejorados genéticamente hacia la obtención de madera de calidad.

Como **hipótesis de trabajo** se consideró que la madera de olmo europeo posee características xilotecnológicas aceptables para su uso en pisos y mueblería, factibles de reemplazar a especies de maderas semiduras nativas.

### **3- OBJETIVOS**

#### **3.1- Objetivo general**

Caracterizar tecnológicamente la madera de olmo europeo (*Ulmus minor* Mill.) para brindar alternativas de uso en la provincia de Buenos Aires.

#### **3.2- Objetivos particulares**

- Determinación de las propiedades físicas y análisis comparativo con especies nativas y cultivadas disponibles en el mercado.

- Determinación de las propiedades mecánicas y análisis comparativo con especies nativas y cultivadas disponibles en el mercado.
- Estimación de la durabilidad natural según las categorías de riesgo y comparación con especies nativas y cultivadas disponibles en el mercado.
- Propuesta de los usos más adecuados de acuerdo a sus características tecnológicas en comparación a especies nativas e implantadas del mercado argentino.

#### **4- MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **4.1- Material leñoso**

El material de estudio utilizado provino de rodales multiespecíficos implantados en el Partido de Tornquist, 38° 6' 0" latitud sur, 62° 14' 0" longitud oeste, provincia de Buenos Aires. Allí se encuentra el Sistema Serrano de Sierra de la Ventana, constituyendo uno de los dos grandes sistemas de sierras que emergen de la llanura bonaerense. Tomando a este sistema de sierras como eje geográfico de la región, en sentido NE-SO se registra en ella la transición entre el régimen de la pampa húmeda y el de la pampa semiárida, con lluvias que van decreciendo desde los 800 hasta los 500 mm de media anual, al mismo tiempo que se incrementa la frecuencia e intensidad de los vientos y la evapotranspiración (Cappaninni et al., 1978). La isohieta de 700 mm divide al área en una zona subhúmeda al NE y una semiárida al SO. Esta división también se corresponde, aproximadamente, con el régimen de humedad de los suelos, údico y ústico definidos por el Mapa de Suelos de la provincia de Buenos Aires (SAGyP-INTA, 1989). De acuerdo con esta cartografía, en toda la periferia del sistema serrano los suelos conforman "Dominio 2", integrado principalmente por molisoles. El régimen climático los subdivide en Udoles (Hapludoles y

Argiudoles) al Norte, y Ustoles (Haplustoles y Argiustoles) al Sur, resultando los primeros con mayor aptitud productiva. La zona Norte comprende además Hapludoles énticos (suelos arenosos, profundos, favorecidos relativamente por el clima), y un área deprimida con suelos hidromórficos y/o salino-sódicos (Acuoles y Acualfes).

El clima predominante en el área es semiárido templado, con un régimen térmico que responde al clima continental, pero atenuado por la influencia marítima. La temperatura media anual del aire es de 15 °C, con una máxima media anual de 21 °C y una mínima media anual de 8 °C. El periodo medio de heladas es de 231 días. La precipitación media es de 785,2 mm, siendo el periodo de meses más lluviosos entre noviembre y marzo. Los vientos predominantes son del norte y noroeste soplando con mayor intensidad en los meses de primavera y verano principalmente en diciembre y enero, ([www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)).

Se trabajó con madera proveniente de 10 árboles elegidos al azar de rodales previamente identificados. Los ejemplares fueron implantados en 1970, se aprovecharon con un turno de 38 años, con un DAP promedio de 52 cm, con fustes ramificados entre 2,5 y 2,8 m de altura. De cada árbol se cortaron con motosierra trozas de un metro de longitud. Éstas fueron aserradas en aserradero de sierra sinfín horizontal portátil en el mismo año del aprovechamiento (2008), para la obtención de tablas de dos pulgadas de espesor, que se estibaron hasta alcanzar el contenido de humedad en equilibrio higroscópico (HEH).

El proyecto se inició con la constatación periódica de la disminución del contenido de humedad hasta la HEH empleando Higrómetro digital. Una vez alcanzada la HEH, en 2009, las tablas secas se procesaron en carpintería, primero en listones de sección cuadrangular de 50 mm y 20 mm de lado y luego de su cepillado se obtuvieron probetas

dimensionadas de acuerdo a lo establecido por las normas IRAM según el ensayo a realizar (Tabla 1).

Las probetas fueron lijadas con lijadora de banda y clasificadas para seleccionar aquellas que se encontraran libres de defectos.

Tabla 1. Ensayos, Normas, cantidad y dimensiones de las probetas

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Número de probetas</b>	<b>Dimensión (mm)</b>
Contenido de humedad	IRAM 9532	30	20 X 20 X 20
Densidades aparentes	IRAM 9544	30	20 X 20 X 20
Cambios dimensionales	IRAM 9543	30	20 X 20 X 50
Dureza Janka	IRAM 9570	30	50 X 50 X 150
Flexión estática	IRAM 9542	30	20 X 20 X 300
Corte	IRAM 9596	30	50 X 50 X 65
Compresión perpendicular	IRAM 9547	30	50 X 50 X 150
Compresión paralela	IRAM 9541	30	50 X 50 X 200
Durabilidad natural	IRAM 9518	40	20 X 20 X 20

## 4.2- Propiedades físicas

Las propiedades físicas estudiadas en el presente trabajo fueron: contenido de humedad (CH), densidad aparente normal ( $D_n$ ) y anhidra ( $D_o$ ) y cambios dimensionales. Los parámetros que permitieron evaluar los cambios dimensionales fueron: contracción normal máxima radial ( $C_{n_{rdmáx}}$ ) y tangencial ( $C_{n_{tgmáx}}$ ), coeficiente de contracción radial ( $v_{rd}$ ) y tangencial ( $v_{tg}$ ), punto de saturación de las fibras (PSF) y coeficiente de anisotropía (T/R).

### 4.2.1- Contenido de humedad

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua que tiene la madera con respecto a su masa anhidra, (Andía & Keil, 2004). Se trabajó según Norma IRAM 9532 (1963) sustituyendo los pesos por masas acorde a la fórmula (1):

$$CH(\%) = \frac{Ph - Po}{Po} \times 100 \quad (1)$$

Siendo:

CH = contenido de humedad, en %.

Ph = peso de la probeta seca al aire, en g.

Po = peso anhidro, en g.

Para la determinación del CH se utilizó el método de secado en estufa por ser considerado el más exacto para determinar el agua contenida en la madera, (Andía & Keil, 2004).

Para dicho procedimiento se utilizó balanza analítica de 0,01 g de precisión y estufa con termómetro y termostato.

El método consta de los siguientes pasos:

- Determinación del peso húmedo o peso inicial (Ph) de las probetas previamente estabilizadas en laboratorio.
- Secado de las probetas en estufa a  $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante.
- Reposo de las probetas en desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Determinación del peso anhidro (Po).

- Realización de los cálculos correspondientes.

#### 4.2.2- Densidades aparentes

La densidad de la madera es la relación entre el peso (g) y el volumen (m<sup>3</sup>) de un cuerpo, (Coronel, 1994).

La densidad aparente (Da) toma en consideración el volumen y el peso de la madera considerando los espacios porosos (macro y microporos), (Andía & Keil, 2004). Según Coronel (1994), es el reflejo de la cantidad de materia leñosa por unidad de volumen.

La fórmula que permite determinar la densidad y sus derivaciones acorde a los contenidos de humedad es la siguiente, (IRAM 9544, 1985):

$$Da(g/cm^3) = \frac{P}{V} \quad (2)$$

Siendo:

Da = densidad aparente, en g/cm<sup>3</sup>.

P = peso de la probeta, en g.

V = volumen de la probeta, en cm<sup>3</sup>.

El procedimiento para la determinación de las diferentes densidades aparentes según la Norma IRAM 9544 fue:

- Obtención del peso húmedo o inicial (Ph) de cada probeta.

- Determinación del volumen húmedo o inicial ( $V_h$ ).
- Secado de las probetas en estufa a  $102 \pm 3^\circ\text{C}$  hasta peso constante.
- Extracción de las probetas de la estufa y reposo de las mismas en desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Obtención del peso anhidro ( $P_o$ ).
- Determinación del volumen de las probetas anhidras ( $V_o$ ).
- Realización de los respectivos cálculos.

#### 4.2.2.1- Densidad aparente normal

La densidad aparente normal ( $D_n$ ) se define como la relación entre el peso de la muestra seca al aire y el volumen de la misma en iguales condiciones de humedad, en este caso al 12%.

$$D_n(g/cm^3) = \frac{P_h}{V_h} \quad (3)$$

Siendo:

$D_n$  = densidad aparente normal, en  $g/cm^3$ .

$P_h$  = peso de la probeta seca al aire, en g.

$V_h$  = volumen de la probeta seca al aire, en  $cm^3$ .

#### 4.2.2.2- Densidad aparente anhidra

La densidad aparente anhidra ( $D_o$ ) se expresa como la relación entre el peso de la muestra anhidra y el volumen de dicha muestra en iguales condiciones de humedad.

$$D_o(g/cm^3) = \frac{P_o}{V_o} \quad (4)$$

Siendo:

$D_o$  = densidad aparente anhidra, en  $g/cm^3$ .

$P_o$  = peso de la probeta seca en estufa a  $102 \pm 3^\circ C$ , expresado en g.

$V_o$  = volumen de la probeta seca en estufa a  $102 \pm 3^\circ C$ , en  $cm^3$ .

El volumen, en todos los casos, fue determinado por el método de desplazamiento de fluidos. Éste consiste en sumergir las piezas de madera en un líquido de densidad conocida, (Coronel, 1994); mientras que el peso fue obtenido en balanza analítica de 0,01 g de precisión.

#### **4.2.3- Cambios dimensionales**

El cambio dimensional es la variación de las dimensiones de una pieza de madera cuando se manifiesta una variación en el contenido de humedad, (Andía & Keil, 2004).

Estas alteraciones dimensionales resultan de las variaciones de volúmenes debido a los procesos de adsorción y desorción de agua entre el estado anhidro y el PSF. Esto afecta y limita considerablemente el uso industrial de las maderas. El aumento de volumen (hinchamiento) se debe a la inclusión de moléculas de agua en los espacios intermicelares de la pared celular. En oposición, la contracción se debe a la eliminación de las moléculas de agua de estos espacios dado por procesos de difusión por debajo del



PSF. Esto ocasiona las aproximaciones de las micelas originando la reducción de las dimensiones de la pieza de madera. Estas variaciones en volumen influyen en los procesos industriales de secado, impregnación y curvado de la madera entre otros, como así también en su uso final, (Coronel, 1994).

Los parámetros que permitieron evaluar los cambios dimensionales fueron: la  $Cn_{rdmáx}$  y  $Cn_{tgmáx}$ , el  $v_{rd}$  y  $v_{tg}$ , el PSF y el coeficiente de anisotropía. La contracción axial no fue determinada puesto que su valor se considera despreciable en madera normal.

Se trabajó con probetas dimensionadas según Norma IRAM 9543. A estas se le colocaron dos clavos en cada una de las caras según se indica en la Figura 1 y Figura 2.

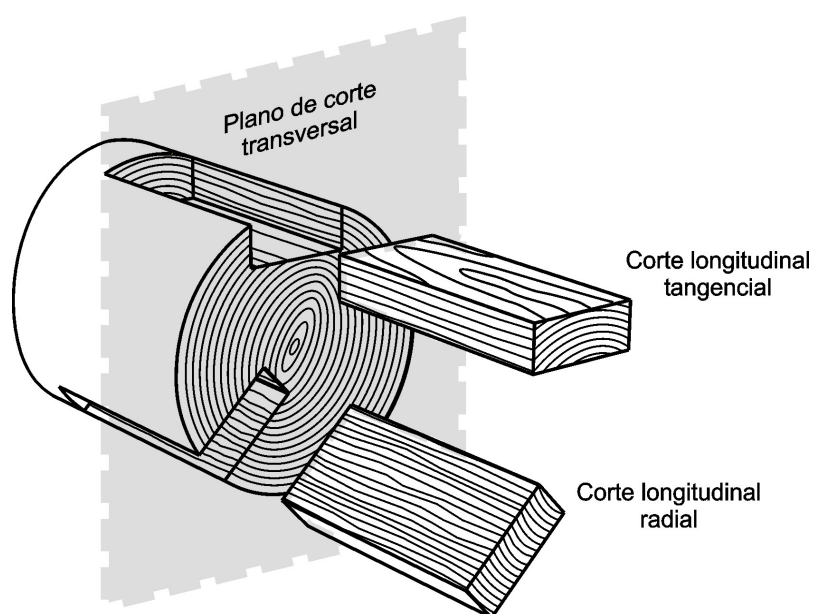


Figura 1: Planos de corte

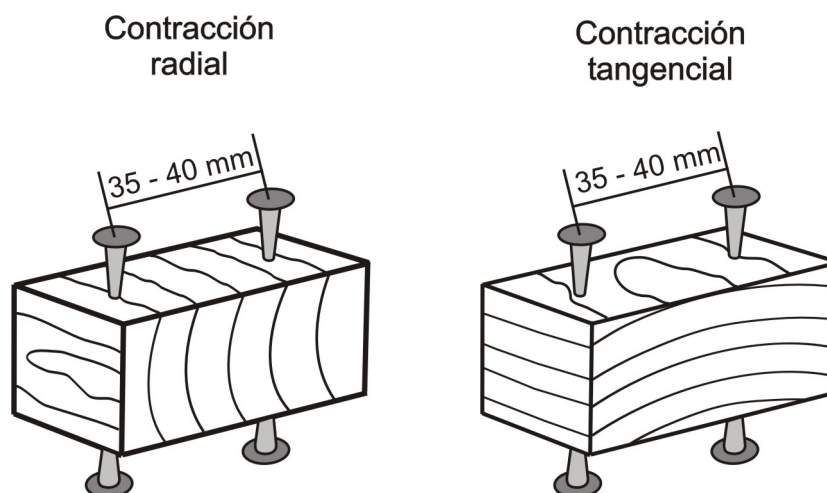


Figura 2. Probetas de cambios dimensionales

Para la determinación de las contracciones se empleó balanza de precisión, desecador, calibre de precisión, clavos de bronce y bandejas de plástico.

#### 4.2.3.1- Contracción normal máxima

La contracción normal ( $C_n$ ) se define como la reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad a partir del PSF, (Andía & Keil, 2004). Del mismo modo, la  $C_{n_{máx}}$  es la producida entre el PSF y el 0% del contenido de humedad.

La fórmula empleada fue la siguiente:

$$C_{n_{máx}}(\%) = \frac{L_v - L_o}{L_o} \times 100 \quad (5)$$

Siendo:

$C_{n_{máx}}$  = contracción normal máxima, expresada en %.

Lv = longitud verde, expresada en mm.

Lo = longitud anhidra, expresada en mm.

El procedimiento seguido fue el siguiente:

- Determinación del peso inicial (Ph) de las probetas.
- Medición de la longitud inicial entre clavos (Lh).
- Secado de las probetas en estufa a  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta masa constante.
- Extracción y reposo de las probetas en desecador.
- Determinación del peso anhidro (Po).
- Medición de la longitud entre clavos del material anhidro (Lo).
- Inmersión de las probetas en agua destilada hasta saturación.
- Medición de la longitud entre clavos (Lv) transcurridos 10 días de inmersión.
- Realización de cálculos.

#### 4.2.3.2- Coeficiente de contracción

El coeficiente de contracción (v) expresa cuanto contrae una madera cuando pierde 1% en su contenido de humedad, (Andía & Keil, 2004). Se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$v = \frac{\frac{Lh - Lo}{Lo} \times 100}{\frac{Ph - Po}{Po} \times 100} \quad (6)$$

Siendo:

$v$  = coeficiente de contracción, adimensional.

$Lh$  = longitud entre clavos de las probetas secas al aire, en mm.

$Lo$  = definido en la fórmula (5)

$Ph$  y  $Po$  = definidos en la fórmula (1)

#### 4.2.3.3- Punto de saturación de las fibras

El punto de saturación de las fibras es un estado de saturación en el que no hay presencia de agua libre y en el que el agua sobrante se encuentra saturando las paredes celulares, (Andía & Keil, 2004). Se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$PSF (\%) = \frac{Cn_{rdm\acute{a}x} \text{ o } Cn_{tgm\acute{a}x}}{v} \quad (7)$$

Siendo:

$PSF$  = punto de saturación de las fibras, en %.

$Cn_{rdm\acute{a}x}$  ó  $Cn_{tgm\acute{a}x}$  = contracción radial máxima o contracción tangencial máxima, respectivamente; en %.

v = definido en la fórmula (6).

#### 4.2.3.4- Coeficiente de anisotropía

El coeficiente de anisotropía es el cociente entre la contracción normal tangencial máxima y la contracción normal radial máxima, (Coronel, 1994). Junto con los valores de  $Cn_{rdmáx}$  y  $Cn_{tgmáx}$ , por separado, expresa la estabilidad de la pieza de madera e indica la armonía en la disminución de sus dimensiones a medida que se va secando, (Andía & Keil, 2004). Las categorías de estabilidad y aplicación de la madera según los rangos de valor de coeficiente de anisotropía se presentan en la Tabla 2.

$$T/R = \frac{Cn_{tgmáx}}{Cn_{rdmáx}} \quad (8)$$

Siendo:

T/R = coeficiente de anisotropía, adimensional.

$Cn_{tgmáx}$  = contracción normal máxima en sentido tangencial, en %.

$Cn_{rdmáx}$  = contracción normal máxima en sentido radial, en %.

El peso se determinó en balanza analítica con 0,01 g de precisión y la longitud mediante el uso de calibre digital.

Tabla 2. Valores de coeficiente de anisotropía

Valores de coeficiente de anisotropía	Estabilidad/Aplicación de la madera
< 1,5	Madera estable. Excelentes aplicaciones sin alabeos.
1,6 – 1,9	Madera medianamente estable.
> 2	Poco estable. Restringe varias aplicaciones.

### 4.3- Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas son aquellas que indican la capacidad de los materiales para resistir fuerzas externas, (Coronel, 1995).

Los ensayos realizados fueron: dureza Janka, flexión estática, corte paralelo a la dirección de las fibras, compresión perpendicular y paralela a las fibras. Los mismos fueron realizados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Facultad de Ingeniería, UNLP.

#### 4.3.1- Dureza Janka

La dureza determina la resistencia que ofrece la madera a la penetración de cuerpos de mayor solidez y consistencia, (Coronel, 1995).

Para la realización de este ensayo se utilizó la prensa universal de 5000 Kg ALFRED J. AMSLER & Co, Schaffouse - Suisse 7928, a la cual se conectó un dispositivo con una esfera de acero de 11.3 mm de diámetro. Ésta se hizo penetrar sobre la probeta hasta dejar una impronta de 100 mm<sup>2</sup>. La esfera se introdujo hasta la mitad de su

diámetro en cada una de las seis caras de la probeta y llegado este momento se registró la carga de penetración soportada.

La sollicitación fue normal a la dirección de las fibras en cuatro de las seis caras de la probeta; en las caras restantes fue paralela a las fibras.

Determinadas las sollicitaciones en cada uno de los planos se promediaron y determinaron los valores de dureza transversal, radial y tangencial, los cuales se expresaron en  $\text{kg/mm}^2$ .

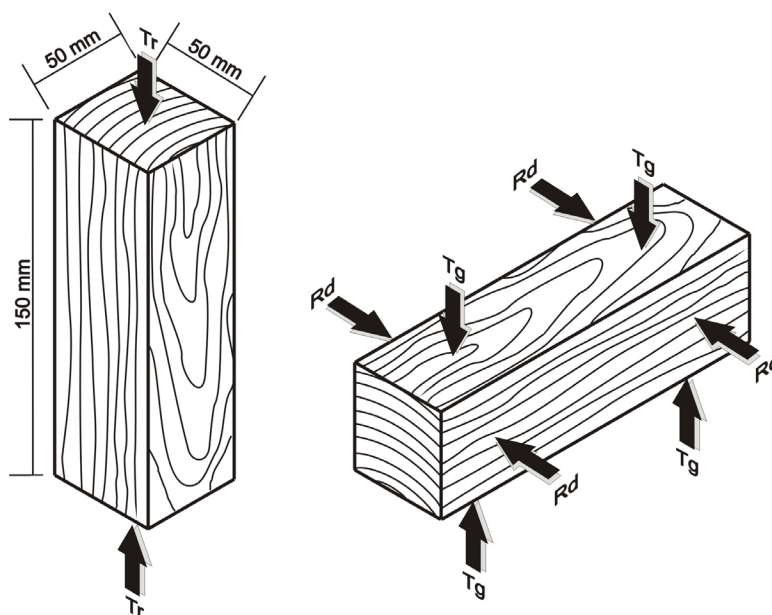


Figura 3. Probeta de dureza Janka.

#### 4.3.2- Flexión estática

El ensayo de flexión estática mide la resistencia que ofrece una viga a una carga puntual aplicada en el centro de luz o distancia entre apoyos, en la cara tangencial más cercana a la médula de la probeta, (IRAM 9542, 1965).

La máquina utilizada en este ensayo fue la misma que se empleó en el ensayo de dureza, la diferencia radicó en el dispositivo empleado.

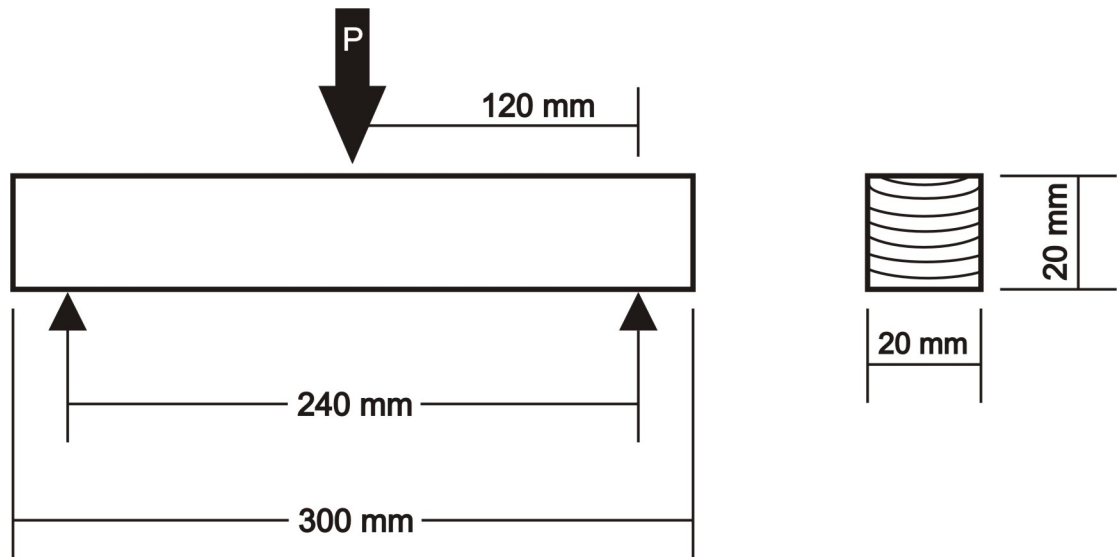


Figura 4. Probeta de flexión estática.

Los parámetros determinados fueron:

Módulo de Rotura (MOR): corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla. Cualquier incremento de carga sobre el material provocará la rotura del mismo.

$$MOR (Kg/mm^2) = 1,5 \times \frac{Q L}{b h^2} \quad (9)$$

Siendo:

MOR = módulo de rotura, en Kg/mm<sup>2</sup>.



Q = carga de rotura, en Kg.

L = distancia entre apoyos o luz de la probeta, en mm.

b = ancho de la probeta, en mm.

h = altura de la probeta, en mm.

Módulo de Elasticidad en Flexión (MOE): es la medida de rigidez del material. Su cálculo se basa en la razón entre el esfuerzo por unidad de superficie y la deformación por unidad de longitud experimentada por la probeta expuesta a flexión. Constituye un valor indicativo de la rigidez del material y es aplicable solamente a condiciones de trabajo que se encuentren dentro de la zona elástica de la curva carga vs. deformación.

$$MOE (Kg/mm^2) = \frac{L^3}{4 b h^3} \times \frac{P}{\Delta} \quad (10)$$

Siendo:

MOE = módulo de elasticidad, en Kg/mm<sup>2</sup>.

P/Δ = pendiente de la curva carga vs deformación, en el rango elástico, en Kg/mm.

L, b y h = fórmula (9).

Tensión en el Límite de Proporcionalidad (TLP): corresponde a la carga unitaria máxima en flexión a la que se expone el material sin que se produzcan deformaciones permanentes.

$$TLP (Kg/mm^2) = 1,5 \times \frac{P L}{b h^2} \quad (11)$$

Siendo:

TLP = tensión en el límite de proporcionalidad, en  $\text{Kg/mm}^2$ .

P = carga máxima aplicada en el límite elástico, en Kg.

L, b y h = fórmula (9).

#### 4.3.3- Corte paralelo a la dirección de las fibras

La resistencia al corte es la capacidad que tiene la madera de resistir fuerzas que tienden a causar el deslizamiento de una sección sobre otra adyacente.

Esta sollicitación puede presentarse tanto en sentido paralelo como perpendicular a las fibras, sin embargo, debido a la alta resistencia de la madera a éste último esfuerzo, no se considera el cizalle perpendicular en el estudio de las propiedades mecánicas, (Coronel, 1995).

La Norma IRAM 9596 (1977) establece para este tipo de ensayo que las probetas tengan la geometría y las dimensiones que se indican en la Figura 5:

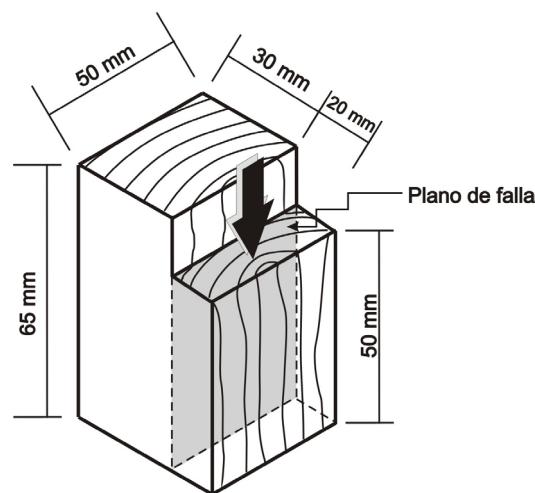


Figura 5. Probeta de corte paralelo a las fibras.

Para este ensayo se utilizó la prensa universal de 25 toneladas ALFRED J. AMSLER & Co, Schaffhouse – Suisse 5380.

El parámetro determinado en este ensayo fue la tensión de rotura (TR):

$$TR \text{ (Kg/mm}^2\text{)} = \frac{Q}{A} \quad (12)$$

Siendo:

TR = tensión de rotura, en Kg/mm<sup>2</sup>.

Q = carga de rotura, en Kg.

A = área total del plano de falla, en mm<sup>2</sup>.

#### 4.3.4- Compresión perpendicular a las fibras

Es la resistencia que opone la madera a una carga aplicada en sentido perpendicular a la dirección de las fibras en una de las caras radiales de la probeta.

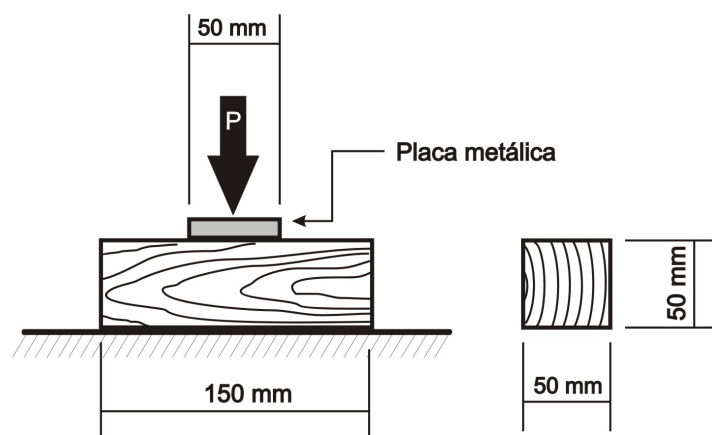


Figura 6. Probeta de compresión perpendicular a las fibras.

Se determinó el módulo de rotura (MOR):

$$MOR (Kg/mm^2) = \frac{Q}{A_c} \quad (13)$$

Siendo:

MOR = módulo de rotura, en Kg/mm<sup>2</sup>.

Q = carga de rotura, en Kg.

Ac = área de contacto placa metálica – probeta, en mm<sup>2</sup>.

#### 4.3.5- Compresión paralela a las fibras

La compresión paralela a las fibras es la resistencia que opone una viga de madera a una carga aplicada en el sentido de la dirección de las fibras.

En los ensayos de compresión paralela y perpendicular se utilizó la máquina mencionada para el ensayo de corte adaptando el dispositivo a estos ensayos.

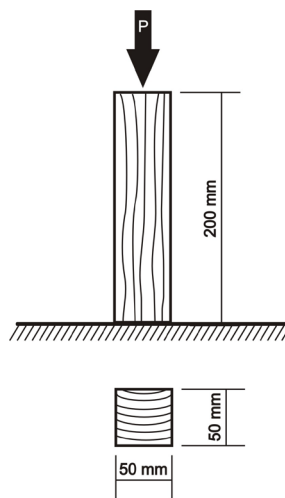


Figura 7. Probeta de compresión paralela a las fibras.

Los parámetros determinados fueron:

Módulo de Rotura (MOR):

$$MOR (Kg/mm^2) = \frac{Q}{A} \quad (14)$$

Siendo:

MOR = módulo de rotura, en Kg/mm<sup>2</sup>.

Q = carga de rotura, en Kg.

A = sección transversal de la probeta, en mm<sup>2</sup>.

Módulo de elasticidad en compresión paralela (MOE):

$$MOE (Kg/mm^2) = \frac{L P}{A \Delta} \quad (15)$$

Siendo:

MOE = módulo de elasticidad, en Kg/mm<sup>2</sup>.

$\Delta$  = acortamiento desde abrazaderas de la probeta, en mm.

L = distancias entre abrazaderas de la probeta, en mm.

P = carga máxima aplicada en el límite elástico, en Kg.

A = definidos en la fórmula (15).

Tensión en el límite de proporcionalidad (TLP):

$$TLP (Kg/mm^2) = \frac{P}{A} \quad (16)$$

Siendo:

TLP = tensión en el límite de proporcionalidad, en Kg/mm<sup>2</sup>.

P = definido en la fórmula (16).

A = definido en la fórmula (15).

#### 4.4- Durabilidad natural

La capacidad del material leñoso para resistir el ataque de los hongos xilófagos, las bacterias, los insectos y perforadores marinos como también el desgaste químico, mecánico y el intemperismo se define como “*durabilidad*”.

Se denomina “*durabilidad natural*” a la resistencia que presenta la madera sin tratar el ataque de los agentes bióticos y abióticos de deterioro y está asociada principalmente a la presencia de extractivos tóxicos depositados en la madera durante el proceso de duraminización.

La durabilidad natural fue determinada mediante ensayos de degradación acelerada en laboratorio (IRAM 9518). Se trabajó con un total de 40 probetas cúbicas de 20 mm de lado, con superficie pulida y libre de defectos. Las cepas xilófagas utilizadas fueron *Gloeophyllum saepiarum* (Wulf.: Fr.) P. Karst. y *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd, hongos de pudrición castaña y blanca respectivamente. La resistencia del material a la

degradación fue definida por los porcentajes de pérdida de peso (Pp %) determinados para cada madera por cepa fúngica.

$$Pp (\%) = \frac{Poi - Pof}{Poi} \times 100 \quad (17)$$

Siendo:

Pp (%): pérdida de peso, expresada como porcentaje.

Poi (g): peso anhidro inicial del material; madera sin degradar, secada en estufa a  $70 \pm 2$  °C, expresado en gramos.

Pof (g): peso anhidro final del material; madera degradada, secada en estufa a  $70 \pm 2$  °C, expresado en gramos.

De acuerdo con los porcentajes de Pp se determinó la clase de resistencia a la degradación acorde con la clasificación de Findlay de la Tabla 2 (ASTM D-2017-78).

Tabla 3. Clases de Resistencia a la degradación fúngica (Findlay, ASTM D-2017-78)

Porcentaje medio de pérdida de peso	Porcentaje medio de peso residual	Clase de resistencia
0 -10	90 -100	Altamente Resistente
11 – 24	76 - 89	Resistente
25 – 44	56 – 75	Moderadamente Resistente
45 o más	55 o menos	No Resistente

#### 4.5- Análisis estadístico

En cada ensayo se estudiaron un mínimo de 30 probetas por tratamiento (Tabla 1). Al conjunto de datos de cada variable se le calcularon la media, el desvío estándar y el coeficiente de variabilidad. Para el análisis de esta última variable se adoptó la clasificación propuesta por Pimentel Gomes (1978).

En el ensayo de dureza Janka se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis entre los 3 sentidos de estudio y para el ensayo de durabilidad natural, se aplicó el test de comparación de Tukey entre los valores de pérdida de peso correspondientes a las dos cepas fúngicas ensayadas. El software estadístico utilizado para realizar ambas pruebas fue InfoStat.

## 5- RESULTADOS

### 5.1- Propiedades físicas

#### 5.1.1- Contenido de humedad y Densidades aparentes

En la Tabla 4 se presentan los valores de HEH, Dn y Do.

Tabla 4. Valores de contenido de humedad y densidades aparentes normal y anhidra.

Parámetros	Cantidad de muestras	Media	Desvío estándar
CH (%)	30	12,55	0,13 (1,04)
Dn12% (g/cm <sup>3</sup> )	30	0,71	0,028 (3,94)
Do (g/cm <sup>3</sup> )	30	0,68	0,028 (4,12)

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis

En la Tabla 4 se observa que el valor medio de HEH determinado fue de 12,55 %. Este valor se encuentra dentro del rango de CH sugerido para la determinación de las propiedades de las maderas, (Coronel, 1994).



En función a los valores medios de Dn al 12% del CH y Do, la madera de olmo europeo se clasifica como semipesada, de acuerdo con la clasificación mencionada por Spavento et al., (2008).

La precisión del ensayo, dada por el coeficiente de variación, fue aceptable ya que el valor obtenido no superó el 10%, (Pimentel Gómez, 1978).

### 5.1.2- Cambios dimensionales

En la Tabla 5 se muestran los valores de  $Cn_{rdm\acute{a}x}$  y  $Cn_{tgm\acute{a}x}$  con sus parámetros estadísticos. Allí se observa que el valor medio obtenido de  $Cn_{tgm\acute{a}x}$  es mayor, como era de esperar, al de  $Cn_{rdm\acute{a}x}$ . Esto concuerda con lo especificado por Coronel (1994) según se muestra en la Figura 8.

Tabla 5. Valores de contracción de la madera

Contracción	Cantidad de muestras	Media (%)	Desvío estándar (%)
$Cn_{rdm\acute{a}x}$	30	7,15	0,98 (13,74)
$Cn_{tgm\acute{a}x}$	30	12,09	0,65 (5,38)

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis

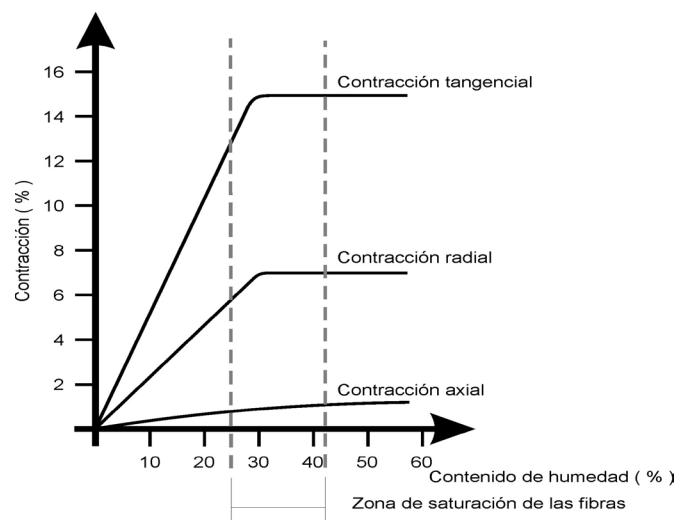


Figura 8. Evolución de la contracción normal máxima en sentido tangencial, radial y axial con respecto al contenido de humedad.

En la Tabla 6 se presentan los valores de  $v_{rd}$  y  $v_{tg}$ , junto al valor del PSF.

Tabla 6. Valores del Coeficiente de contracción y punto de saturación de las fibras.

Parámetros	Cantidad de muestras	Media (%)	Desvío estándar (%)
$v_{rd}$	30	0,23	0,033 (14,22)
$v_{tg}$	30	0,35	0,046 (13,10)
PSF	60	32,48	2,64 (8,13)

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis

En la Tabla 6 se observa que por cada 1% de reducción del CH por debajo del PSF, la pieza de madera de olmo experimentará una disminución mayor en sus dimensiones originales en sentido tangencial que radial.

El PSF indica el punto a partir del cual ante cualquier disminución en el CH comienzan a producirse las contracciones en la pieza de madera, (Sparnochia, 2002), por lo que según los resultados hallados, con contenidos de humedad del orden del 32%, el olmo podrá experimentar estos cambios.

El valor obtenido del T/R fue de 1,69 lo que determina una estabilidad normal de acuerdo con la clasificación mencionada por Spavento et al., (2007). El valor máximo aceptable para la relación T/R es 2, valores superiores indican un comportamiento inestable de la madera, (Andía & Keil, 2004).

## 5.2- Propiedades mecánicas

### 5.2.1- Dureza Janka

En la Tabla 7 se presentan los valores de Dureza Janka obtenidos.

Tabla 7. Valores de Dureza Janka

Plano	Cantidad de muestras	Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desvío estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )
Transversal	30	646	7,59 (11,76)
Radial	30	530	9,49 (17,91)
Tangencial	30	523	7,65 (14,61)

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis

Los valores de dureza transversal y radial fueron superiores al tangencial, conforme con García & García (1949), citado por Coronel, (1995).

En la Tabla 7 se observa que el valor de dureza en sentido transversal es el más alto en concordancia con lo sugerido por Coronel, (1995).

De acuerdo con la clasificación propuesta por Coronel, (1995) la madera de olmo europeo se considera semidura. Este autor además señala que la dureza está relacionada con la densidad aparente y establece las relaciones entre la Do y los valores de dureza. En este sentido las maderas se consideran semipesadas cuando el valor de la Do se encuentra entre 0,551 y 0.751 g/m<sup>3</sup>. La madera de olmo europeo posee un valor de Do de 0,68 g/m<sup>3</sup> por lo que se considera semipesada.

Por otra parte, para comparar y detectar diferencias en la variable dureza, respecto al corte, se utilizó una prueba no paramétrica, dado que los datos no daban cumplimiento al supuesto de normalidad. Por ello, se utilizó la Prueba de Kruskal-Wallis, cuyos resultados se presentan en la Tabla 8. A partir de la comparación de los tres cortes, se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los cortes radial y tangencial pero sí con respecto al transversal.

Tabla 8. Resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis

<b>Plano</b>	<b>N</b>	<b>Media (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Desvío estándar (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Medianas</b>	<b>Rangos*</b>
Radial	40	530,25	94,99	500,00	43,18 a
Tangencial	40	523,50	76,51	520,00	43,43 a
Transversal	20	646,00	75,98	650,00	79,30 b

\* Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ).

### 5.2.2- Flexión estática y Compresión paralela a las fibras

En la Tabla 9 se presentan los parámetros de flexión estática y compresión paralela a las fibras: MOR, MOE y TLP.

Tabla 9. Parámetros de flexión estática y compresión paralela a las fibras

Ensayo	Cantidad de muestras	Media (Kg/cm <sup>2</sup> )			Desvío estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )		
		MOR	MOE	TLP	MOR	MOE	TLP
Flexión estática	30	1123,1	97522,0	729,2	96,5 (8,59)	1125,9 (11.54)	35,1 (4.82)
Compresión paralela a las fibras	30	382,8	92071,5	250,2	30,0 (7,89)	394,6 (4,26)	22,0 (8.89)

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis

De acuerdo con la clasificación propuesta por Rivero Moreno, (2004) la madera de olmo europeo de acuerdo al MOR posee valores medios de resistencia a la flexión estática y valores medios de resistencia a la compresión paralela a las fibras.

### 5.2.3- Corte paralelo a las fibras y Compresión perpendicular a las fibras

En la Tabla 10 se presentan los valores medios de TR para el ensayo de corte paralelo a las fibras, junto al de compresión perpendicular a las fibras.

Tabla 10. Valores de tensión de rotura en corte y compresión perpendicular a las fibras

Ensayo mecánico	Cantidad de muestras	Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desvío estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )
Corte paralelo a las fibras	30	145	22 (15,22)
Compresión perpendicular a las fibras	30	209,2	17,9 (8,55)

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis

Según la clasificación propuesta por Rivero Moreno, (2004) la madera de olmo europeo posee un valor alto de resistencia al ensayo de corte paralelo a las fibras y una resistencia muy alta a la compresión perpendicular a las fibras.

### 5.3- Durabilidad natural

En la Tabla 11 se muestran los porcentajes de pérdida de peso de la madera de olmo expuesta a cepas fúngicas de degradación blanca y castaña, junto a la clase de resistencia correspondiente a esa pérdida de peso. También presentan en dicha Tabla los resultados del test de Tukey, realizado para determinar si existen diferencias significativas entre la pérdida de peso generada por ambas cepas fúngicas.

Tabla 11. Pérdida de peso en el ensayo de durabilidad natural

Cantidad de muestras	Cepa xilófaga	Pérdida de peso (%)*	Clase de resistencia
20	<i>Trametes versicolor</i> (P. blanca)	36,77 a	Moderadamente resistente
20	<i>Gloeophyllum saepiarum</i> (P. castaña)	19,80 b	Resistente

\* Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ).

De acuerdo con los porcentajes de pérdida de peso, se observa que hubo diferencias significativas entre los valores de resistencia a ambas cepas fúngicas y de acuerdo a la clasificación de Findlay (ASTM D-2017-78), la madera de olmo posee una resistencia mayor a la cepa xilófaga de la degradación castaña.

## 6- DISCUSIÓN

Las propiedades tecnológicas halladas en el presente estudio de olmo europeo se contrastaron con iguales propiedades de especies del mercado argentino, con usos reconocidos en pisos, aberturas y mueblería, posibles de agruparlas de la siguiente manera:

- Especies valiosas implantadas en la provincia de Buenos Aires: fresno americano (*Fraxinus pensylvánica*), roble europeo (*Quercus robar*), acacia negra (*Gleditsia tiracantos*) y acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*).

- Especies del género *Eucalyptus* de provincias pertenecientes a la Pampa Húmeda y a la Mesopotamia Argentina: *E. camandulensis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. viminalis*.

- Especies nativas valiosas de uso tradicional: cebil moro (*Piptadenia aff. macrocarpa*), horco cebil (*Parapiptadenia excelsa*), cebil colorado (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*), lapacho (*Handroanthus heptaphyllus*), guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), peteribí (*Cordia trichotoma*) e incienso (*Myrocarpus frondosus*).

## 6.1- Propiedades Físicas

En la Tabla 12 se muestran las propiedades físicas de las principales especies nativas (n) e implantadas (i) de uso en mueblería, aberturas y pisos de madera comparadas con los valores tecnológicos hallados para la madera de olmo europeo.

Tabla 12. Propiedades físicas de olmo y especies nativas e implantadas

Especie		CH (%)	Do (g/cm <sup>3</sup> )	Dn (g/cm <sup>3</sup> )	Cntgmax (%)	Cnrdmax (%)	T/R
Cultivadas	Olmo Europeo	12,55	0,680	0,710	12,09	7,15	1,69
	<i>Eucalyptus grandis</i>	-	-	0,560	10,4	5,8	1,79
	<i>Eucalyptus viminalis</i>			0,700	11,3	6,0	1,96
	Acacia blanca	11,08	0,691	0,726	10,33	6,01	1,72
	Acacia negra	11,78	0,701	0,754	7,74	3,9	1,98

Nativas	Fresno Americano	13,12	0,714	0,761	9,86	5,38	1,83
	Roble Europeo	12,21	0,726	0,773	12,54	6,80	1,84
	<i>Eucalyptus globulus</i>	12,45	-	0,810	15,5	9,5	1,63
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	-	0,830	8,5	4,0	2,12
	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	-	-	0,950	13,4	6,9	1,94
	Petiribí (n)	-	-	0,670	-	-	-
	Guatambú (n)	-	-	0,700	-	-	-
	Incienso (n)	-	-	0,845	-	-	-
	Horco Cebil	15,12	0,818	0,867	5,32	4,06	1,32
	Cebil colorado	14,67	0,845	0,891	11,73	3,29	3,60
	Lapacho	-	-	0,992	7,2	4,5	1,60
	Cebil moro	16,72	0,941	0,996	7,68	2,66	2,92

Tomando el valor de la Dn como parámetro de calidad de una madera, si se compara la madera de olmo europeo con otras maderas valiosas de la provincia de Buenos Aires como fresno y roble (Spavento et al., 2008), así como también acacia blanca y acacia negra (Keil et al., 2011), los valores son similares, superando los 0,700 g/cm<sup>3</sup>, ubicándose en la categoría de semi pesada.

Comparando con las especies de mayor difusión comercial del género *Eucalyptus*, el olmo europeo supera el valor de Dn y categoría a la madera instalada masivamente en el mercado desde la industria mesopotámica como el *E. grandis*, la cual se categoriza



como liviana. Sin embargo, las otras cuatro especies del género *Eucalyptus* se categorizan como pesadas, superando a la madera en estudio (SAGPyA-INTA, 1995; Ducid & Keil, 2005).

En el análisis de la estabilidad dimensional de la madera tomando como parámetros los valores de contracciones normales máximas y el coeficiente de anisotropía, el olmo si bien tiene altos valores de contracciones, su relación T/R se encuentra dentro de la categoría “normal” (Andía & Keil, 2004) y aceptable para el uso en mueblería y pisos (a pesar de su alta contracción radial), con valores similares al *E. globulus*, especie de reconocida aptitud para la fabricación de pisos de calidad superior (Ducid & Keil, 2005; Tortorelli, 2009b).

En el análisis con maderas nativas difundidas en el mercado nacional, el olmo tiene un valor de Dn y categoría inferior que todas las maderas de cebil (Refort et al., 2011). Mientras que de las otras 4 especies comparadas, sólo es superado por lapacho e incienso, especies empleadas en pisos de alta gama, siendo superior al guatambú y al petiribí, ambas de uso en pisos, aberturas y mueblería (Tortorelli, 2009a; Tortorelli, 2009b).

## **6.2- Propiedades Mecánicas**

En la Tabla 13 se muestran las propiedades mecánicas de las principales especies nativas (n) e implantadas (i) de uso en mueblería, aberturas y pisos de madera comparadas con los valores tecnológicos hallados para la madera de olmo europeo.

Tabla 13. Propiedades mecánicas de olmo y especies nativas e implantadas

Especie	Dureza Janka (N/mm <sup>2</sup> )			MOR en Flexión estática (N/mm <sup>2</sup> )	MOR en Comp. Paralela (N/mm <sup>2</sup> )	TR en Comp. Perpend. (N/mm <sup>2</sup> )	TR en Corte (N/mm <sup>2</sup> )
	Rd	Tg	Tr				
<b>Olmo Europeo</b>	<b>53,02</b>	<b>52,35</b>	<b>64,6</b>	<b>112,30</b>	<b>38,28</b>	<b>20,92</b>	<b>14,50</b>
<i>E. grandis</i>	-	-	45,1	73,2	34,30	-	-
<i>E. camaldulensis</i>	-	-	64,5	115,0	57,20	-	-
<i>E. globulus</i>	-	-	70,0	104,7	51,10	-	-
<i>E. viminalis</i>	-	-	70,0	91,0	48,10	-	-
<i>E. tereticornis</i>	-	-	83,6	157,6	69,80	-	-
Roble Europeo	75,6	78,3	84,6	142,8	54,7	27,5	18,1
Acacia negra	75,72	75,44	90,02	88,80	68,19	19,10	18,80
Fresno Americano	90,3	92,6	101	114,7	58,2	43,0	23,2
Acacia blanca	82,50	83,42	88,52	138,92	62,53	17,50	17,34
Guatambú	85,6	85,6	-	142,00	70,70	-	14,00
Lapacho	76,0	77,0	86,0	130,00	92,00	40,60	17,20
Incienso	-	94,0	100,0	143,5	64,70	-	17,50
Horco Cebil	106,8	105,4	118,8	348,06	56,45	34,47	17,10
Cebil moro	116,3	109,1	129,3	332,99	55,86	52,14	22,02
Cebil colorado	263,5	258,9	298,5	440,43	54,42	35,94	20,31

Analizando la dureza de la madera de olmo, se observa en la tabla que su valor sólo supera a la dureza del *E. grandis*, siendo cercano al *E. camaldulensis* (sólo se tienen

datos de dureza transversal, que no es la que se utiliza asiduamente), si bien su dureza Janka la ubica como apta para el empleo en la fabricación de pisos, es un tipo de producto más exigente en esta característica mecánica.

Para el uso estructural en aberturas y muebles, el MOR en flexión estática supera a varias de las especies de la tabla comparativa, como acacia negra (Keil et al., 2011); *E. globulus*, *E. grandis* y *E. viminalis* (SAGPyA-INTA, 1995) y al petiribí (Tortorelli, 2009b). Siendo superada por los restantes eucaliptos (SAGPyA-INTA, 1995), los cebiles (Refort et al., 2012), lapacho, incienso y guatambú (Tortorelli, 2009a; Tortorelli, 2009b).

En los restantes parámetros mecánicos: corte, compresión paralela y perpendicular a las fibras, la madera de olmo presenta valores aceptables, superada en algunos casos como se puede apreciar en la Tabla 13 y similar a otras maderas como acacia negra (Keil et al., 2011) y guatambú (Tortorelli, 2009a), no representando limitaciones para su empleo en aberturas y muebles.

### **6.3- Durabilidad Natural**

En la Tabla 14 se muestran la categorización según la durabilidad natural del duramen de las principales especies nativas (n) e implantadas (i) de uso en mueblería, aberturas y pisos de madera comparadas con los valores tecnológicos hallados para la madera de olmo europeo.

Tabla 14. Durabilidad natural de las principales especies nativas (n) e implantadas (i) de uso en mueblería y pisos de madera comparadas con olmo

Especie	Pérdida de peso (%)		Durabilidad natural de duramen
	Pudrición castaña	Pudrición blanca	
<b>Olmo Europeo</b>	<b>19,80</b>	<b>36,77</b>	<b>Moderadamente resistente</b>
<b>Cultivadas</b>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	Moderadamente resistente
	<i>Eucalyptus globulus</i>	-	Moderadamente resistente
	<i>Eucalyptus grandis</i>	-	Moderadamente resistente
	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	-	Moderadamente resistente
	<i>Eucalyptus viminalis</i>	-	Moderadamente resistente
	Acacia negra	17,29	Resistente
	Fresno Americano	20,81	Resistente
	Acacia blanca	6,65	Altamente resistente
	Roble Europeo	2,06	Altamente resistente
	Cebil colorado	-	Resistente
<b>Nativas</b>	Cebil moro	-	Resistente
	Guatambú	-	Resistente
	Horco Cebil	-	Resistente
	Petiribí	-	Resistente
	Incienso	-	Altamente resistente

Lapacho	-	-	Altamente resistente
---------	---	---	----------------------

Analizando la resistencia a la degradación de la madera de olmo sin impregnar “durabilidad natural”, la categoría “moderadamente resistente” hallada con una pérdida de peso media entre 11 y 24%, la ubica en igual categoría de riesgo que las especies del género *Eucalyptus* (SAGPyA-INTA, 1995), mientras que es superada por todas las demás especies comparadas.

Este valor de resistencia a la degradación, permitiría su empleo al exterior sin contacto con el suelo (IRAM 9600, 1998), en usos tales como muebles de jardín, pérgolas y decks, estos dos últimos con sistemas constructivos que separen la madera del suelo empleando maderas más durables o maderas con algún tratamiento que le otorguen mayor durabilidad, cemento y otros materiales no degradables por la flora edáfica.

## 7- CONCLUSIONES

En cuanto a las propiedades físicas, la madera de olmo europeo se caracteriza por ser semi pesada y, si bien tiene altos valores de contracción radial y tangencial, analizados éstos en conjunto, presenta un valor “normal” de coeficiente de anisotropía, haciendo esto que sea una madera estable.

Según el estudio de las propiedades mecánicas, la madera de olmo europeo presenta valores aceptables de dureza y resistencia a flexión estática, presentando valores intermedios en corte, compresión paralela y perpendicular a las fibras.

El estudio de la durabilidad natural ubicó a esta madera dentro de la categoría “moderadamente resistente”, lo que le confiere aptitudes para el empleo al exterior pero sin contacto con el suelo.

Analizando en conjunto las propiedades físicas, mecánicas y durabilidad, comparadas con maderas reconocidas en el mercado como fresno, roble, acacias, eucaliptos, cebiles, lapacho, guatambú, incienso y petiribí; la madera de olmo europeo presenta aptitudes tecnológicas para su empleo en la fabricación de pisos interiores, decks, aberturas, muebles de interior y de jardín, corroborando la hipótesis planteada.

## **8- BIBLIOGRAFÍA**

**Andía, I & Keil, GD.** 2004. "Propiedades físicas de la madera". Publicación Docente N° 01/04. Cátedra de tecnología de la madera. Universidad Nacional del Comahue. Asentamiento Universitario San Martín de los Andes. 22 pp.

**American Society for Testing and Material – ASTM.** Annual Book of ASTM. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. ASTM D-2017, 1978. Pp 639-644.

**Caperos A. & Serfaty JL.** 1.969 "Atlas de fibras para pasta de celulosa" Ed. Asociación De Investigación de la Industria Papelera Española, IFIE. Madrid.

**Cappannini, DA.; CO Scoppa & JR Vargas Gil.** 1978. Capítulo 1: Fisiografía, estratigrafía y geomorfología. En: F Spinelli Zinni (ed.). Estudio de situación del partido de Coronel Pringles, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. P.imprenta: INTA. Buenos Aires, Argentina.

**Coronel, E. O.** 1994. "Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones". 1 Parte: "Fundamentos de las propiedades físicas de la madera". Publicación ITM - UNSE. 187 pp.

**Coronel E. O.** 1995. "Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 2 Parte: "Fundamentos de las propiedades mecánicas de las maderas". Publicación ITM – UNSE. 335 pp.

**Ducid, G & G.D. Keil.** 2005. "Calidad del leño para aserrado de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* de la provincia de Buenos Aires en turnos de corta rotación". III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. AFOA. Corrientes, Argentina. Publicación en Actas. Resúmenes impresos: ISSN 0329-1103; Trabajos completos en CD: ISSN 1669-6786.

**Galván, H.,** 2007. "Pisos Ingeniería de Madera". Master of business administration. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Eurotechnology Empresas. Corrientes. Argentina. 321 pp.

**García Nieto, M. E.; M. Génova; C. Morla & A. Rossigonoli.** 2003. Los olmos en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. Parques Nacionales. pp 129-149. Madrid, España.

**Gil, L.; P. Fuentes Utrilla; A. Soto; M. T. Cervera & C. Collada.** 2004. English elm (*Ulmus procera*) is a 2000 year old Roman Clone. Nature 431. pp 1035.

**Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC).** 1989. "Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas". 1ª Ed., Lima. Perú. pp 294.

**IRAM 9518.** 1962. "Toxicidad, Permanencia y Eficacia de Preservadores de Madera". Instituto de Racionalización de Materiales. 12 pp.

**IRAM 9532.** 1963. "Método de determinación de humedad". Instituto de Racionalización de Materiales. 14 pp.

**IRAM 9541.** 1977. "Método de ensayo de compresión paralela a las fibras". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.

**IRAM 9542.** 1977. "Método de ensayo de flexión estática de maderas con densidad aparente mayor de 0.5 g/cm<sup>3</sup>". Instituto Argentino de Racionalización de materiales 10 pp.

**IRAM 9543.** 1985. "Método para la determinación de los valores de contracción de la madera". Instituto Argentino de racionalización de Materiales. 10 pp.

**IRAM 9544.** 1985. "Método para la determinación de la densidad aparente". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.

**IRAM 9547.** 1977. "Método de determinación de la compresión perpendicular al grano". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 5 pp.

**IRAM 9570.** 1971. "Método de ensayo de la dureza janka". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.

**IRAM 9596.** 1977. "Método de ensayo de corte paralelo a la dirección de las fibras". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.

**IRAM 9600.** 1998. "Preservación de Maderas-Maderas Preservadas Mediante Procesos con Presión en Autoclave". 23 pp.

**Keil, G. D; E. M. Spavento; M. A. Murace & A. Millanes.** 2011. "Acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*) y acacia negra (*Gleditsia triracanthos*): aspectos tecnológicos relacionados al empleo en productos de madera maciza". Revista del Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA, Sistemas y Recursos Forestales. Madrid, España. ISSN: 1131-7965, EISSN: 2171-9845. Forest Systems. 2011 20(1) 21-26.



**Ladrón Gonzáles, A. & C. Maslatón.** 2012. "Incorporar tecnología y gestión para la evolución del sector madera y mueble". Revista ASORA año 17. Nº 99. 14-22 pp.

**MAGyP – S AyDS.** 2015. "Segundo Reporte de Argentina al Proceso de Montreal". 188 pp.

**Nájera F. & Lopez V.** 1.969 "Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares" Ed.: IFIE, 279 pp, Madrid.

**Pimentel Gomes, F.** 1978. "Curso de Estadística Experimental". Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. Argentina. pp 1-7.

**Refort, M.; E. Spavento & G. Keil.** 2012. "Caracterización tecnológica de tres maderas del género Cebil, con vista al aprovechamiento sostenible y uso racional del recurso nativo". Revista Forestal YVYRARETA 19 (2012) pp 7-13.

**Refort, M.; E. Spavento & G. Keil.** 2011. "Estudio de la propiedades físicas de tres especies reconocidas comercialmente bajo el nombre de Cebil". Revista Forestal YVYRARETA 18: pp 16-22.

**Richens, E.** 1983. Elm. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K., 347 pp.

**Richens, R. H. & J. N. R. Jeffers.** 1986. Anales Jardines Botánicos de Madrid. 42. Madrid. España. pp 325-341.

**Richter H. G. and M. J. Dallwitz.** 2000. "Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish". Versión: 4th May 2000. <http://delta-intkey.com/wood/index.htm>.

**Ruiz de la Torre J.** 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 566-570.

**SAGyP – INTA.** 1995. “Manual para los productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Ed. Grupo Forestal EEA, INTA Concordia. ISBN 950-9853-55-0. 112-123 pp.

**SAGyP – INTA.** 1989. Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000. Proyecto PNUD / ARG / 85 / 019.

**Sanchez Acosta, M.& L. Vera.** 2005. “Situación foresto industrial de Argentina al 2005, (Ejemplo de una cadena forestal)”. III Simposio Ibero Americano de Gestión y Economía Forestal. Ubatuba, San Pablo, Brasil. 25 pp.

**Spavento, E.M; Keil , G. D & Monteoliva, S.** 2008. “Propiedades Físicas de la Madera”. Curso de Xilotecnología. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. 29 pp.

**Spavento, EM; Keil, GD; Murace, MA; Luna, ML; Bertoli, B.** 2008. “Usos potenciales de la madera de roble europeo y fresno americano cultivados en la provincia de Buenos Aires, Argentina”. Actas 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Talca, Chile. 20 pp. Publicado online en 2009, URI: <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/6264>.

**Spavento, E.** 2005. “Usos recomendados para las maderas de *Celtis tala Gill ex Planch* y *Fraxinus pennsylvanica Marsh* de la Provincia de Buenos Aires a partir de su caracterización tecnológica”. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. 55 pp.

**Tortorelli, L. A.** 2009a. Tomo I: “Maderas y Bosques Argentinos”. Orientación gráfica Editora SRL. Segunda Edición. ISBN: 978-987-9260-69-2. 515 pp.

**Tortorelli, L. A.** 2009b. Tomo II: “Maderas y Bosques Argentinos”. Orientación gráfica Editora SRL. Segunda Edición. ISBN: 978-987-9260-70-8. 516-1111 pp.

**Páginas web consultadas:**

[www.afoa.org.ar](http://www.afoa.org.ar), 2004

[www.cep.gov.ar](http://www.cep.gov.ar), 2008

[www.cfired.org.ar](http://www.cfired.org.ar), 2009

[www.inta.gov.ar/pro/radar/riap/zonasagro/bordenave/uss.htm](http://www.inta.gov.ar/pro/radar/riap/zonasagro/bordenave/uss.htm), 2005

[www.fortunecity.es/bohemia/artnouveau/235/rincon/madera\\_clases09.htm](http://www.fortunecity.es/bohemia/artnouveau/235/rincon/madera_clases09.htm), 2005

[www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2448634](http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2448634)

[www.usuarios.lycos.es/noceu/olmo.htm](http://www.usuarios.lycos.es/noceu/olmo.htm), 2000